

Efecto antioxidante de cosmeto-textiles con ácido gálico encapsulado en microesferas

C. Alonso, C. Barba, M. Lis*, L. Rubio, L. Coderch y M. Martí,

Instituto de Química Avanzada de Cataluña, (IQAC-CSIC), Jordi Girona 18-26, 08034 Barcelona.

** Escuela de Ingeniería de Terrassa (EET-UPC), Colom 1, 08222 Terrassa.*

E-mail: mmgesl@iqac.csic.es

(Estudio presentado en la Conferencia IFSCC, Zurich 2015)

Summary

The antioxidant gallic acid (GA) has been applied to polyamide (PA) through microspheres prepared with poly(ϵ -caprolactone (PCL). PCL-microspheres are used as a vehicle for GA textile application to study the UV protection when applied to PA. Previously, skin delivery at the different skin layers (stratum corneum, epidermis and dermis) was determined when PA, with microsphere encapsulated GA (ME-GA), are in contact with the skin. It is reasonable to assume that the reservoir capacity of the cosmeto-textile, the close contact with the skin and the corresponding skin occlusion may be the main reasons to explain that the active principle (gallic acid) crosses the skin barrier located in the stratum corneum and penetrates into the different skin compartments.

Ex vivo assessment was performed to evaluate the antioxidant effect in stratum corneum (SC) using barbituric acid test (TBARS) after cosmeto-textile application. This is a non-invasive ex vivo method using tape strips of the outermost layers of stratum

corneum (SC) from human volunteers in order to determine the effectiveness of the antioxidant, in this case in the cosmeto-textile, which is applied to prevent lipid peroxidation (LPO) in the horny layer after an UV irradiation. After an exposure application of the cosmeto-textile during several days, a group of three strips of the outermost layers of SC of volunteers was irradiated to quantify the LPO inhibition. This methodology may be used as a quality control tool to determine ex vivo the percentage of the LPO inhibition on human SC for a variety of antioxidants topically applied, in this case gallic acid in a cosmeto-textile.

When GA was embedded into the cosmeto-textile with PCL-microspheres, it always promoted a reservoir effect. Cosmeto-textile PA with PCL-microspheres containing GA displayed high GA retention because a lower amount of antioxidant was found in the inner skin layers compared to the direct application. This methodology could serve to verify the incorporation of encapsulated substances into human skin from cosmeto-textiles that could deliver specific doses of active ingredients to be released into the skin.

Resumen

El antioxidante polifenólico ácido gálico (GA) ha sido encapsulado en microesferas preparadas con poli(-caprolactona (PCL) e incorporado en un tejido de poliamida (PA) y se ha estudiado la protección UV cuando se aplica la PA sobre piel. Previamente, se determinó la liberación del antioxidante en las diferentes capas de la piel (estrato córneo, epidermis y dermis) cuando PA, con microesferas de GA (ME-GA) se mantuvo en contacto con piel. Las principales razones posibles para explicar que el principio activo (GA) pasa a través de la función barrera de la piel del estrato córneo y penetra en los diferentes compartimentos de ésta, son el efecto reservorio del cosmeo-textil con el contacto directo de la piel y la correspondiente oclusión provocada en la piel

Después de la aplicación del cosmeo-textil se ha evaluado el efecto antioxidante en el estrato córneo (SC) mediante un método *ex vivo* usando el test de ácido barbitúrico (TBARS). Dicho método es un método no invasivo *ex vivo* donde se utilizan strips (discos adhesivos) para extraer las capas más externas del estrato córneo (SC) de panelistas humanos con el fin de determinar la efectividad antioxidante del cosmeo-textil con ME-GA. Después de la aplicación del cosmeo-textil durante varios días, un conjunto de tres strips de las capas más externas del SC de panelistas se irradió y se determinó la inhibición de la lipoperoxidación (LPO). Esta metodología se puede utilizar como herramienta de control de calidad para determinar, con un protocolo *ex vivo*, el porcentaje de la inhibición de LPO en SC humano para antioxidantes aplicados tópicamente sobre piel, como en este caso el ácido gálico en un cosmeo-textil.

Cuando GA se adhiere en el cosmeo-textil con PCL-microesferas, siempre se observa un efecto reservorio. Dicho cosmeo-textil muestra una alta retención de GA ya que la penetración del antioxidante en las capas inferiores de la piel es menor comparada con la aplicación directa de las microesferas. Esta metodología podría servir para verificar la incorporación de sustancias encapsuladas en la piel humana a partir de cosmeo-textiles pudiendo suministrar dosis específicas de ingredientes activos al ser liberados en la piel.

Introducción

Los textiles biofuncionales son materiales que ejercen un efecto biológico en la piel humana y, constituyen la base para el sistema

de suministro de sustancias cosméticas o farmacéuticas cuando el textil está en contacto con la piel. Los ingredientes activos se incorporan usualmente en vehículos que pueden romperse cuando la prenda frota la piel permitiendo de este modo la liberación de los compuestos con el fin de ser absorbidos por la piel.

De hecho, ya existen en el mercado varios productos textiles que afirman que tienen varias propiedades encontrándose generalmente en los cosméticos [1] como hidratantes, adelgazantes, energizante y refrescante, relajante, revitalizante, protección UV o simplemente perfume. Pero se necesita desarrollar unos métodos de análisis para comprobar la eficacia y la durabilidad de estas propiedades [2].

El ácido gálico (GA) es un polifenol con excelentes propiedades antioxidantes y, recientemente, se ha incorporado en un cosmeo-textil como principio activo [3]. En este estudio, GA se ha aplicado sobre poliamida (PA) mediante microesferas preparadas con poli-ε-caprolactona (PCL). Las PCL-microesferas se utilizan como vehículo para así poder estudiar sus propiedades de absorción y desorción sobre PA. Además, en un estudio previo se determinó la liberación de GA en las diferentes capas de la piel (estrato córneo, epidermis y dermis) [3] cuando se aplica el cosmeo-textil en la piel. Los resultados de la absorción percutánea *in vitro* de los cosmeo-textiles demostraron la penetración del GA en la piel.

Mediante la metodología *in vitro* de absorción percutánea es posible la detección del principio activo que penetra en cada capa de piel procedente del cosmeo-textil [4]. Se demostró que el principio activo (GA) atraviesa la función barrera del estrato córneo de la piel y penetra en los diferentes compartimentos de ésta posiblemente ayudado por el efecto reservorio que tiene el cosmeo-textil al contactar directamente con la piel y la correspondiente oclusión de la piel debido al cosmeo-textil.

En este estudio se presenta la eficacia antioxidante de un cosmeo-textil con GA encapsulado en microesferas. La capacidad antioxidante se evaluó a partir de panelistas humanos después de aplicación tópica del cosmeo-textil. Se utilizó una metodología *ex vivo* para estudiar el efecto antioxidante en el estrato córneo (SC) usando el test de ácido barbitúrico (TBARS) después de la aplicación del cosmeo-textil. Éste es un método no invasivo *ex vivo* donde se usan unos discos adhesivos (strips) para extraer las capas más externas de estrato córneo (SC) de los panelistas con el fin de determinar la efectividad del antioxidante, en este caso del cosmeo-textil, que se aplica para prevenir la lipoperoxidación (LPO) en la capa córnea después de una irradiación UV [5].

Materiales y métodos

Materiales

Las mangas textiles utilizadas fueron tejidos de punto (punto liso) de poliamida 78/68/1 (DeFiber, SA, España). Poli (alcohol vinílico) (PVA), (87-89% hidrolizado, MW 31000-50000 Da) se utilizó como dispersante en la preparación de microesferas;

poli-ε-caprolactona (PCL) (MW 45 000 Da) se utilizó como polímero para formar las microesferas. Tanto PVA como PCL y el ácido gálico (GA) fueron suministrados por Sigma-Aldrich (Madrid, España). Todos los productos químicos utilizados eran de grado analítico. Metanol (grado HPLC) y el ácido fosfórico fueron suministrados por Merck (Darmstadt, Alemania).

PCL-Microesferas

Para la formación de las microesferas se utilizó el método de evaporación del disolvente, formando microemulsiones (doble emulsión w1/o/w2) [3]. Para obtener un volumen suficiente de microesferas, la preparación se realizó por duplicado y posteriormente se mezcló.

Se añadieron 20 ml de una solución de GA en agua 2,91% (w/w) a 20 ml de otra solución de PCL en diclorometano de 2,91% (w/w). Mediante agitación mecánica (Ultra-Turrax T25, IKA) durante 25 min a 24000 rpm se formó la emulsión simple (w1/O). Después, se añadió esta emulsión simple a 200 ml de solución acuosa de PVA (1,96% (w/w)) y se emulsionó durante 30 minutos a más de 20000 rpm, resultando una doble emulsión (w1/o/w2). La temperatura de trabajo fue de 4°C [6]. La mezcla se mantuvo en agitación a 400 rpm (20 h) a temperatura ambiente para provocar la evaporación del disolvente y por consiguiente la formación de las microesferas.

La mezcla de las dos preparaciones de PCL-microesferas de ácido gálico (ME-GA) se aplicó en los textiles por triplicado mediante agotamiento del baño, con una relación de baño de 1/5, a 50°C durante 60 min con agitación manual cada 10 min. Para cuantificar la cantidad de producto absorbido en los tejidos, las muestras secas se pesaron antes y después de la aplicación y, después de 24h bajo condiciones ambientales normales (23 ± 2°C y una humedad relativa del 55 ± 5%).

La cantidad GA presente en las PCL-microesferas y absorbida en los tejidos se cuantificó por HPLC Hitachi-Merck equipado con una Bomba Inteligente L-6000, Autosampler AS-4000 y detector UV-Vis L-4250. La columna utilizada fue una LiChroCART 250-4/Lichrosorb RP-18 (5 mm) (Darmstadt, Alemania). La fase móvil fue de 90% agua (con 0,7% de H₃PO₄) / 10% metanol con un flujo de 1 ml/min. La detección de GA se realizó a 280 nm siendo el tiempo de retención de 6,9 min. El área por debajo del pico se utilizó para calcular la concentración de GA mediante la curva de regresión $ABS = 15967 \cdot [GA] + 4417.1$, ($r^2 = 0,9999$) obtenida utilizando estándares externos comprendidos en un intervalo de concentración 0,25 a 100 mg/ml.

Tamaño de partícula de las PCL-microesferas

La distribución de tamaño de partícula de las PCL-microesferas y el índice de polidispersidad se midieron mediante dispersión de luz dinámica (DLS) (Zetasizer Nano ZS ZEN3600; Malvern Instruments Ltd., Malvern, Worcestershire, Reino Unido). La tecnología de *backscattering* no invasiva se utiliza para minimizar múltiples efectos de dispersión sin la necesidad de dilución de la muestra. La medición se realizó a temperatura

ambiente con células poliestirol / poliestireno (Ref. 67.754 Sarstedt). La detección de la luz dispersada se realizó en un ángulo de 173°. Cada muestra se midió por triplicado. Los datos fueron interpretados teniendo en cuenta la distribución de intensidad. Todos los datos fueron recogidos y analizados mediante el programa DTS (Dispersion Technology Software) de Malvern Instruments Ltd.

Panelistas

El protocolo experimental para el cosmeo-textil con antioxidante se realizó con 8 voluntarios caucásicos sanos (todas mujeres) con fototipos II, III y IV [7]. La edad media de los voluntarios fue 36,8 ± 13,6 años (rango de años) (Tabla 1).

Los voluntarios se abstuvieron de usar cosméticos, aceites corporales, protectores solares o cremas humectantes en sus brazos 4 días antes del estudio y durante el estudio, a excepción de las dos formulaciones seleccionadas.

Se informó a los participantes con una descripción detallada del estudio, y se obtuvieron los correspondientes consentimientos por escrito. El diseño del estudio fue aprobado por el Comité de Ética local (IQAC-CSIC, Barcelona, España).

Tabla1. Edad y fototipo de los panelistas.

Panelista	1	2	3	4	5	6	7	8	Media ± SD
Edad	24	24	28	60	34	36	33	55	36.8 ± 13.6
Fototipo	II	III	IV	II	IV	IV	IV	III	

Aplicación *In Vivo* del cosmeo-textil y la formulación

Los cosmeo-textiles (mangas de poliamida que contienen ME-GA) y los textiles de control (mangas de poliamida sin antioxidante) se aplicaron en los brazos de los sujetos manteniendo un estrecho contacto con la piel durante un período continuo de 4 días.

Por otra parte, la formulación conteniendo las microesferas de PCL-ácido gálico (ME-GA) se aplicó directamente sobre un área de la piel de 18 x 5 cm² que fue marcada en los antebrazos de voluntarios. Cada voluntario se aplicaba la formulación dos veces al día durante un período de 4 días en un antebrazo (327 µg/cm² de GA total). El otro antebrazo se utilizó como un control, sin aplicación antioxidante.

Stripping y extracción de lípidos

El *stripping* (extracción) del SC de cada antebrazo y del brazo se llevó a cabo en el cuarto día en una sala acondicionada a 25 ± 1°C y 50% de humedad relativa, con adhesivos (discos transparentes) D-Squame™ (Ø = 22 mm, CuDerm, Dallas,

EEUU) previamente presionándolos sobre la piel con un rodillo y arrancándolos con un rápido movimiento.

La masa de los adhesivos se obtuvo directamente en una balanza (Mettler Toledo excelencia XA105, Greifensee, Suiza) antes y después del *stripping*, obteniendo la masa del SC extraída. A continuación, la mitad de los adhesivos fueron fijados en una placa de vidrio y se irradiaron utilizando una fuente de luz que simula la radiación UV solar (3,045 J / min cm², Suntest CPS, Atlas, EEUU). Esta radiación es el doble de la radiación máxima de un día de junio en Cataluña (1,50 a 1,84 J / cm² min equivalente a 21 a 26,5 MJ / m² por día [8]). El tiempo de exposición UV fue de 60 minutos, que corresponde a una irradiación UV con una intensidad de 182,7 J / cm².

La extracción de lípidos del SC se realizó con metanol (Merck, Darmstadt, Alemania) a partir de un grupo de tres adhesivos y sonicando (Labsonic 1510, B. Braun, Melsungen, Alemania) durante 15 min.

Determinación de la lipoperoxidación (LPO)

Los lipoperoxidos (LPO) se midieron siguiendo el protocolo ex vivo publicado previamente [5] del test del ácido tiobarbitúrico (TBA). Las especies reactivas al ácido tiobarbitúrico (TBARS) se cuantificaron por espectrofotometría a 534 nm (Cary 300 Bio Espectrofotómetro UV-Visible, Varian, EEUU). El malonaldehído bis(dimetil acetal) (MDA) a un pH bajo y temperatura elevada reacciona fácilmente con el TBA en una reacción de adición nucleófila, generando un compuesto rojo fluorescente (01:02 MDA: TBA).

Los resultados obtenidos se expresaron como equivalentes de malonaldehído bis(dimetil acetal) (μM MDA) utilizando una curva estándar externa para el complejo MDA-TBA. La curva de calibración se obtuvo mediante soluciones de MDA (Sigma, St Louis, MO, EE.UU.) a diferentes concentraciones (0-40 μM). También se hicieron los controles negativos y positivos utilizando las soluciones de 0 y 100 μM de MDA. La curva de calibración se preparó diariamente. La recta de regresión general a partir del análisis experimental fue $\text{ABS} = -0,0006 [\text{MDA}]^2 + 0,0751 [\text{MDA}] - 0,0137$ (coeficiente de correlación, $r^2 = 0,999$). La repetibilidad y la reproducibilidad del método analítico se confirmaron a partir de la absorbancia del control positivo de MDA (100 μM MDA). El valor medio obtenido para este control MDA (100 μM) fue de $2,3314 \pm 0,0206$. Los resultados de cada análisis experimental indican una buena repetibilidad y precisión intra-día con un RSD aceptable (<0,50%).

Experimentalmente se cogió un volumen de 0,5 ml del extracto de lípidos del SC y soluciones estándar de MDA y se añadieron alícuotas (1 ml) de una solución preparada con 0,4% de TBA (Sigma, St Louis, MO, EEUU) y 15% de ácido tricloroacético (TCA) (Merck, Darmstadt, Alemania) en 100 ml de solución de HCl (0,25 M). La mezcla se incubó durante 1 h en un baño de agua en ebullición. La solución TBA / TCA se preparó cada día de análisis.

La cantidad de LPO formado a partir de la piel sin protección (placebo) y la cantidad de LPO formado a partir de piel protegida

(aplicación antioxidante), se calculó a partir de los valores de la absorbancia obtenidos de las muestras de extractos de SC mediante la cuantificación de MDA [5]. Por lo tanto, el porcentaje de inhibición de LPO (% inhib. LPO) se determina a partir de la diferencia entre los valores de cantidad de LPO formado entre los placebos de SC y muestras de antioxidantes de SC.

Estadística

Se calcularon las desviaciones estándar para todos los valores medios de % de inhibición de LPO. Se aplicó el test de Mann-Whitney para las comparaciones de grupos. El software utilizado fue el Statgraphics Plus 5. Se determinaron las diferencias significativas entre valores medios mediante el test F-Snedecor. Un valor de p inferior a 0,05 fue considerado significativo.

Resultados y discusión

Las formulaciones que contienen PCL-microesferas se prepararon utilizando un método de doble emulsión, como se describe en la parte experimental. El diámetro obtenido de las partículas de la mezcla ME-GA (2692 nm) indicó que eran microesferas con un bajo índice de polidispersidad (0.437), resultando una distribución de tamaño homogénea.

El rendimiento de los textiles biofuncionales dependen de la liberación y podría verse afectada por factores tales como la biocompatibilidad, la bioestabilidad, la biodegradabilidad, la cantidad exacta de fármacos eficiente y el control en términos de dosis, el tiempo de liberación y el diseño de la administración de fármacos en sistemas textiles [9]. Por estas razones, es muy importante establecer la cantidad precisa de principios activos presentes en el textil antes de su uso como sistema de administración de fármacos. En este estudio, las PCL-microesferas con GA (ME-GA) se aplicaron por agotamiento de baño. En la Tabla 2 se muestran las masas de las mangas PA antes y después de la aplicación. El producto medio seco aplicado es $11,59 \pm 0,65\%$ sobre peso de fibra.

Tabla 2. Masas de las mangas de PA antes y después de aplicar ME-GA y masas del producto total seco en el textil después de la evaporación del agua.

Panelista	PESO PA (g) después 24h a 23°C y 55% Hr		Producto seco
	Mangas antes de aplicar ME-GA	Mangas después de aplicar ME-GA	% spf ME-GA
1	8,3385	9,2989	11,52
2	5,6969	6,3860	12,09
3	8,3429	9,3572	12,06
4	8,4450	9,4432	11,82
5	8,2804	9,2498	11,71
6	8,1517	8,9948	10,34

Una de las mangas tratadas se utilizó para extraer GA con metanol mediante un baño de ultrasonidos y poder cuantificar el GA por HPLC. La cantidad de GA incorporado en los textiles fue de $1,47 \pm 0,08\%$ (w/w tejido) que es igual a la cantidad de $378,93 \pm 26,97$ mg GA/cm² tejido. El valor teórico (calculado a partir del porcentaje de GA en la formulación sin agua) es de 0,57% sobre tejido, dicho valor confirma que la sustentividad entre el textil y el principio activo juega un papel importante durante el proceso de aplicación. Por otra parte, la cantidad de GA presente en la formulación de PCL-microesferas también se determinó por HPLC obteniendo un resultado de $0,49 \pm 0,01\%$ (w/v).

Se diseñó una metodología específica de absorción percutánea *in vitro* para la determinación de la penetración del principio activo en la piel, demostrando el paso del componente encapsulado desde el textil a las diferentes capas de la piel (estrato córneo, epidermis o dermis). Los resultados de absorción percutánea obtenidos y publicados anteriormente [3] se muestran en la Figura 1.

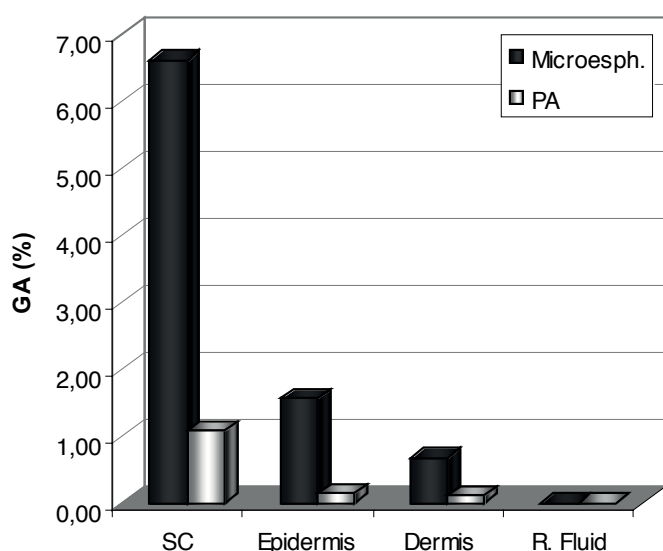


Figura 1. Absorción percutánea *in vitro* de GA procedente de microesferas de PCL y de los tejidos biofuncionales, PA [3]. (SC: estrato corneo; E: epidermis; D: dermis; R. Fluid: fluido receptor)

En la figura 1 se muestra la cantidad de GA detectado en las diferentes capas de la piel después de 24h de contacto entre el cosmo-textil y la piel o de deposición de la microesfera directamente sobre la piel. Se observa una mayor penetración de GA en la piel cuando se libera directamente desde las PCL-microesferas que cuando GA se libera desde los textiles biofuncionales, por lo que se puede concluir que los textiles biofuncionales ejercen un efecto reservorio muy interesante de cara a la dosificación del principio activo.

Una vez comprobado que el GA se liberaba del textil biofuncional, se procedió al estudio *ex vivo* de la determinación de la capacidad antioxidante. Los panelistas se aplicaron un volumen total de 6 ml de la formulación ME-GA sobre la piel durante 4 días consecutivos.

El cosmo-textil conteniendo las ME-GA se aplicó sobre uno de los brazos de los seis panelistas y la formulación de ME-GA sobre el antebrazo durante los 4 días. Después, se obtuvieron las capas más externas del SC mediante la técnica de *stripping* descrita en la sección Materiales y Métodos. La masa media del estrato córneo extraído fue de $0,83 \pm 0,11$ mg y $0,76 \pm 0,17$ mg /tres adhesivos, para los cosmo-textiles y la formulación respectivamente.

La mitad de las muestras SC pegadas a los adhesivos (de la piel sin y con antioxidante) de ambas aplicaciones se irradiaron con una intensidad de $182,7$ J / cm². Posteriormente, se extrajeron los LPO en grupos de tres adhesivos. Los valores de LPO y el porcentaje de inhibición de la LPO se determinaron para todos los panelistas.

Los resultados obtenidos de LPO (μ M) de la piel con y sin antioxidante se muestran en la Tabla 3, así como los porcentajes de inhibición de LPO (%) y, gráficamente se muestran en la Figura 2, respectivamente.

Los valores obtenidos a partir de la piel sin protección fueron más elevados que los valores de la piel protegida con ME-GA en ambas aplicaciones (Tabla 3). Estos resultados demuestran una menor formación de lipoperoxidos en el estrato córneo de la piel cuando se ha aplicado el antioxidante y después de la irradiación UV. Parece que la aplicación de ME-GA provoca un efecto protector en el estrato córneo humano contra la peroxidación de lípidos, siendo los valores de los porcentajes de inhibición de LPO obtenidos de $14,49 \pm 11,21\%$ para el cosmo-textil y $38,72 \pm 21,22\%$ para la formulación de ME-GA.

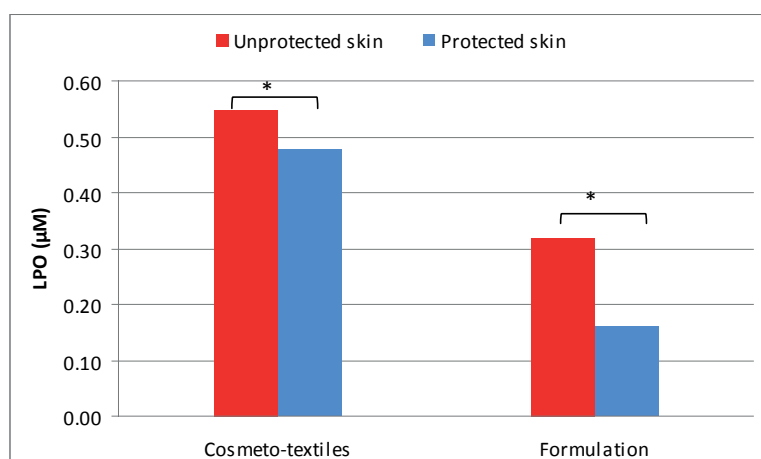


Figura 2. Valores de LPO obtenidos de la piel sin antioxidante (unprotected skin) y con antioxidante (protected skin) con cosmo-textiles y la formulación ME-GA (* $p > 0,05$).

Tabla 3. Valores de LPO obtenidos de la piel sin antioxidante y con antioxidante en cada panelista cuando se aplica el cosmo-textiles y la formulación ME-GA.

Aplicación	LPO (μM)			% LPO inhib.	% LPO media \pm SD
	Panelista	Piel sin antioxidante	Piel con antioxidante		
Cosmo-Textiles ME-GA	1	0,7899	0,7245	8,28	14,49 \pm 11,21
	2	0,5891	0,4860	17,51	
	3	0,9059	0,8120	10,37	
	4	0,1820	0,1640	9,87	
	5	0,2967	0,1904	35,81	
	6	0,5205	0,4939	5,11	
Formulación ME-GA	3	0,8223	0,3310	59,75	38,72 \pm 21,22
	4	0,0470	0,0304	35,19	
	5	0,2517	0,1140	54,72	
	6	0,3155	0,2077	34,17	
	7	0,3803	0,1989	47,71	
	8	0,0963	0,0956	0,77	

A pesar de la variabilidad del porcentaje de los valores de inhibición de LPO obtenidos debido a la influencia de diversas variables tales como cantidad aplicada, diferente tipo de piel de los panelistas, cantidad de SC presente en las muestras, etc., los resultados obtenidos indican una inhibición de la LPO para las dos aplicaciones de ME-GA.

Suponiendo que se recupera una cantidad similar de SC en los tres discos adhesivos ($0,79 \pm 0,15$ mg / tres adhesivos), se calculó el porcentaje de inhibición de LPO de la cantidad total de lipoperoxidos en el SC tratado o no tratado con antioxidante. Por otro lado, teniendo en cuenta la cantidad de SC recuperado en cada caso, se puede calcular la cantidad total de lipoperoxidos por mg de SC. Los resultados de la inhibición LPO (% / mg de SC) obtenidos fueron de $22,35 \pm 21,24\%$ para los cosmo-textiles con ME-GA y de $45,09 \pm 26,05\%$ para la formulación de ME-GA.

La penetración del GA en las diferentes capas de la piel (estrato córneo, epidermis y dermis) se determinó previamente [3] cuando se puso en contacto con la piel el cosmo-textil de PA con GA encapsulado en microesferas. También se analizó la permeación en la piel de GA procedente de la formulación PCL-microesferas cuando es aplicada directamente sobre la superficie de la piel. En estos casos los textiles biofuncionales siempre promueven un efecto reservorio. En ambos estudios de permeación cutánea, la cantidad de GA más elevada se encontró en la capa más superficial (SC), donde la cantidad fue de cinco a diez veces mayor que en la epidermis o en la dermis. Respecto al estudio de LPO, puede observarse una inhibición de %LPO menor en el caso de los cosmo-textiles debido a que la cantidad de GA absorbido en el SC del panelista es menor que el GA absorbido

con la aplicación directa de la formulación. Los resultados de % de inhibición de LPO obtenidos no fueron estadísticamente diferentes entre las dos aplicaciones de ME-GA.

Aunque el contenido del antioxidante presente en la piel es menor con el cosmo-textil que en la aplicación directa, es importante resaltar que penetra una capacidad suficiente para impedir la lipoperoxidación en la capa SC. El uso de cosmo-textiles permite un efecto de reservorio con una dosis prolongada y controlada de antioxidante por lo que también se prolonga la protección UV.

Conclusiones

La absorción percutánea fue evaluada previamente para las PCL-microesferas conteniendo GA, así como para los cosmo-textiles de PA impregnados con la misma formulación. Los resultados indicaron una mayor penetración en la piel de GA cuando se aplicó directamente con la formulación de PCL-microesferas. Siempre se detecta un efecto reservorio cuando GA se aplica en el tejido mediante PCL-microesferas. El cosmo-textil PA con PCL-microesferas que contienen GA demostró una alta retención GA considerando que se encontró una menor cantidad de antioxidante en las capas de la piel más internas [3].

Por otro lado, se ha confirmado la capacidad de ME-GA en cosmo-textiles y en la formulación para reducir la peroxidación lipídica en las capas más externas de la piel (SC).

La metodología LPO usada podría servir para verificar la capacidad antioxidante en la piel humana de las sustancias encapsuladas a partir de cosmo-textiles los cuales podrían suministrar dosis específicas de principio activo para ser liberadas en la piel.

Agradecimientos

A FITEX (Fundació Privada per a la Innovació Tèxtil, Igualada, Spain) que proporcionó las mangas de PA para poder llevar a cabo este estudio. Los autores también agradecen al Ministerio de Educación y Ciencia (Proyecto Nacional CTQ2013-44998-P) la financiación recibida.

Referencias

- [1] I. Holme, Innovative technologies for high performance textiles, *Color. Technol.*, 123 (2007) 59-73.
- [2] L. Almeida, Functionalization of textiles-future perspectives. , *Congrès Int. de la Recherche Appliquée aux textiles*, (2006).
- [3] M. Martí, V. Martínez, N. Carreras, C. Alonso, M.J. Lis, J.L. Parra, L. Coderch, Textiles with gallic acid microspheres: in vitro release characteristics, *Journal of Microencapsulation*, 0 (2014) 1-7. (doi:10.3109/02652048.2014.885605)
- [4] L. Rubio, Alonso, C., Coderch, L., Parra, J.L., Martí, M., Cebrián, J., Navarro, J.A., Lis, M., Valdeperas, J., Skin delivery of caffeine contained in biofunctional textiles, *Tex. Res. J.*, 80 (2010) 1214-1221.
- [5] C. Alonso, C. Barba, L. Rubio, S. Scott, A. Kilimnik, L. Coderch, J. Notario, J.L. Parra, An ex vivo methodology to assess the lipid peroxidation in stratum corneum, *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 97 (2009) 71-76.
- [6] N. Carreras, V. Acuña, M. Martí, M.J. Lis, Drug release system of ibuprofen in PCL-microspheres, *Colloid Polym Sci*, 291 (2013) 157-165.
- [7] T.B. Fitzpatrick, A.Z. Eisen, K. Wolff, I.M. Freedberg, *Dermatology in general medicine*, McGraw-Hill, New York, (1993).
- [8] A. Mitjà, J. Baldasano, C. Soriano, H. Flores, J. Esteve, *Atlas de radiació solar a Catalunya*, Generalitat de Catalunya, Departament d'Indústria, Comerç i Turisme, Institut Català d'Energia, (2001).
- [9] M. Martí, V. Martínez, L. Rubio, L. Coderch, J.L. Parra, Biofunctional textiles prepared with liposomes: in vivo and in vitro assessment, *Journal of Microencapsulation*, 28 (2011) 799-806.